

AGREGADOS DOLOMITICOS COMO MATERIALES PARA HORMIGÓN

Marfil, S. A.^{1,*} y P. J. Maiza²

1. Inv. Independiente CIC. Prof. Dpto. de Geología – UNS. * San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE: 0291-4595184. FAX. 0291-4595148. email: smarfil@criba.edu.ar
2. Inv. Principal CONICET. Profesor Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur.

RESUMEN

Las rocas dolomíticas son utilizadas frecuentemente como agregado para hormigón. Existen antecedentes de numerosas obras realizadas con este tipo de material tanto como piedra partida como en arenas de trituración.

En general tienen buen comportamiento y son aceptadas. Sin embargo se han detectado problemas de deterioro del hormigón por el desarrollo de la reacción álcali – carbonato. Esto llevó a estudiar rocas carbonáticas de diferentes regiones de Argentina con el propósito de evaluar la factibilidad de uso como agregados para hormigón y determinar su comportamiento.

Las muestras analizadas provienen de las provincias de Buenos Aires (A), Río Negro (B) y Córdoba (C).

La composición petrográfico – mineralógica se realizó con microscopio de polarización sobre secciones delgadas y con XRD.

En un trabajo previo se ensayaron las tres rocas para evaluar su reactividad álcali carbonato. Para ello se utilizaron los métodos del cilindro de roca ASTM C 586, prisma de hormigón CSA A23.1-14A y barra de mortero ASTM C-227. Este último es inadecuado para evaluar la RAC debido al bajo grado de expansión obtenido. De los resultados obtenidos con los dos primeros métodos se concluyó que las rocas A y C son aptas para hormigón, mientras que la dolomía B se comporta como deletérea.

Los cilindros de roca, fueron analizados por XRD una vez cumplido el tiempo de ensayo. No se observaron variaciones en la composición mineralógica de las muestras A y C mientras que en la muestra B la zona externa del testigo (que estuvo en contacto con NaOH) sufrió un notable proceso de dedolomitización. Esta reacción fue también observada sobre secciones delgadas de los prismas de hormigón.

De los estudios realizados sobre las tres rocas puede decirse que si bien las calizas y dolomías son rocas aceptadas mundialmente como agregados para hormigón y cumplen con las normas establecidas para tal fin, debe ponerse especial cuidado en la presencia de dolomita de grano fino, ya que cuanto menor es el tamaño del grano y mayor su porosidad, se incrementa la susceptibilidad a reaccionar con los álcalis produciendo expansiones deletéreas como consecuencia del proceso de dedolomitización. Si además, como ocurre en la muestra B, el material contiene arcillas del tipo montmorillonita, rocas volcánicas y vidrio, a la reacción pueden sumarse expansiones del tipo RAS.

Palabras clave: agregados – dolomitas – RAS - RAC

ABSTRACT

Dolomitic rocks are usually used as aggregates in concrete. There are records of a large number of works built with this type of material, both as crushed rocks and in crushing sands.

In general, they perform well and are accepted. However, concrete deterioration problems due to the development of the alkali-carbonate reaction (ACR) have been found. Carbonate rocks from

different regions in Argentina were then studied to evaluate their suitability as aggregates in concrete and to determine their behavior.

Analyzed samples come from the provinces of Buenos Aires (A), Río Negro (B) and Córdoba (C). Their petrographic and mineralogical composition was determined with a polarizing microscope on thin sections and by XRD.

In previous work, the three rocks were tested to evaluate their alkali-carbonate reactivity by the ASTM C 586 rock cylinder, CSA A23.1-14a concrete prism and ASTM C-227 mortar bar test methods. The latter is inadequate to evaluate ACR due to the low expansion degree obtained. From the results from the first two test methods, it was concluded that rocks A and C are suitable for concrete, whereas dolomite B has deleterious behavior.

Rock cylinders were analyzed by XRD at the end of the test time. No variations in the mineralogical composition of samples A and C were noted, whereas in sample B the specimen outer area (which was in contact with NaOH) underwent a remarkable dedolomitization process. This reaction was also observed on thin sections of concrete prisms.

From the studies conducted on the three rocks it follows that although limestones and dolomites are accepted worldwide as concrete aggregates, and meet the relevant standards, special attention should be paid to the presence of fine-grained dolomite, since the smaller their grain size and the higher their porosity, the more likely they are to react with the alkalis causing deleterious expansions as a result of the dedolomitization process. In addition, if as in the case of sample B, the material contains montmorillonite-type clays, volcanic rocks and glass, ASR-type expansions may develop as well.

Key word: aggregates – dolomites – ASR - ACR

INTRODUCCIÓN

Si bien las rocas carbonáticas son utilizadas con frecuencia como agregado para hormigón, en ocasiones han provocado reacciones deletéreas que afectan su durabilidad.

En la bibliografía, han sido reportados numerosos casos del desarrollo de la reacción álcali-carbonato (RAC) de los últimos 50 años (Bisque, 1958; Swenson and Gillot, 1960; Dólar and Mantuani, 1968) y en ocasiones se adicionó el fenómeno álcali-sílice (RAS). En el primer caso el proceso se debe a una reacción química llamada dedolomitización. (Katz and Alan, 1977).

Estudios por DRX realizados por Hadley (1964) sobre rocas carbonáticas expansivas, mostraron que a medida que la reacción avanza se produce una disminución en el contenido de dolomita y un incremento de calcita, brucita, y carbonato alcalino en solución. También pueden aparecer como producto final brucita y pirsonita, dependiendo de las actividades relativas de los iones calcio y sodio presentes en la solución alcalina. Además de estas fases, otros productos de reacción han sido reportados en la literatura, tales como gaylusita, buetschelita y portlandita.

MATERIALES

- A. Caliza dolomítica Olavarría (Prov. de Buenos Aires): Se trata de una roca sedimentaria compacta, de grano medio (100 a 200 micrones), constituida principalmente por calcita, con cantidades subordinadas de dolomita y escaso cuarzo. El residuo insoluble se determinó en un 5 %.
- B. Dolomía de Valcheta (Río Negro): Consiste en una roca de origen hidrotermal, de grano muy fino (10 a 30 micrones), constituida por dolomita con cantidades subordinadas de cuarzo, feldespato y clastos de rocas volcánicas riolíticas. El residuo insoluble oscila entre 10 y 20 %. Por DRX se identificó la presencia de minerales arcillosos principalmente illita y

montmorillonita.

- C. Mármol de Córdoba: Es una roca metamórfica de grano grueso, constituida por cristales bien desarrollados de calcita, cuyo tamaño oscila entre 1,5 y 4,5 mm, escasa dolomita y cuarzo. El residuo insoluble es aproximadamente 3%.

MÉTODOS

Para el estudio petrográfico se utilizó un sistema microscópico Olympus, con procesador de imágenes integrado con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT; microscopio petrográfico Olympus trinocular B2-UMA, con una cámara de video Sony 151 A incorporada, monitor de alta resolución, procesador de imágenes Image Pro Plus versión 3.1. y programas computarizados para tratamiento de imágenes y cuantificaciones.

Para identificar especies deletéreas y minerales arcillosos se utilizó un difractómetro Rigaku D-max III C con radiación de Cu K alfa y monocromador. Con 35 Kv y 15 mA.

RESULTADOS

En trabajos previos (Batic *et al.*, 1991; Milanesi *et al.*, 1996) se realizaron ensayos físicos por los métodos del cilindro de roca: ASTM C-586/86; barras de mortero: ASTM C-227/87; método del prisma de hormigón (CSA-A23.2-14A/77) y ensayo Larbi – Hudec.

Todos los métodos utilizados permitieron concluir que la dolomía de Valcheta es potencialmente reactiva tanto frente a la reacción álcali – carbonato como álcali – sílice ya que las expansiones medidas en barras, prismas y cilindros de roca superan las establecidas en las normas citadas.

Difractometría de rayos X:

1. Cilindros de roca:

Los cilindros de roca confeccionados para el ensayo ASTM 526-86 fueron analizados por DRX a fin de evaluar el proceso de dedolomitización a los 12 meses de edad.

Los cilindros de 7,5 cm x 1,9 cm se extraen de la roca y se sumergen en una solución de NaOH 1N a temperatura ambiente. Luego del ensayo, se analizó por DRX el material de la superficie y la muestra total y se compararon los resultados con la muestra natural (sin tratamiento).

Muestra A: Caliza Olavaria: Se identificó dolomita, calcita, illita y cuarzo. No se observan diferencias entre la muestra natural y las sumergidas en NaOH 1N (borde y total). En todos los casos la relación de intensidades de los picos principales calcita/dolomita se mantiene prácticamente constante.

Muestra B: Dolomía Valcheta: En la roca original se identificó dolomita como único componente. En las muestras tratadas con NaOH aparecen además calcita y brucita. La relación calcita/dolomita se incrementa notablemente desde el interior hacia el borde del cilindro.

Muestra C: Mármol de Córdoba: Al igual que en la muestra A no se observaron variaciones significativas entre el material del borde y el resto del cilindro y con respecto al patrón.

2. Ensayo Acelerado Larbi-Hudec

Este ensayo consiste en medir las expansiones deletéreas en prismas de hormigón de 25x25x70 mm, elaborados con el agregado grueso que se quiere estudiar (en tamaño nominal 10 mm) al ser expuesto a una solución de NaOH 1N a 80 °C durante 24 días.

Para el análisis por DRX se separaron cuidadosamente los clastos de carbonato incluidos en el hormigón, tomándose en cada uno muestras del centro y borde del prisma. En todos los casos se comparó con la muestra patrón que fue el prisma elaborado en las mismas condiciones pero curado en cámara húmeda.

Los resultados se detallan a continuación:

Muestra A: Caliza Olavarría: El material del centro del prisma no mostró diferencias con el difractograma de la muestra patrón, mientras que en la muestra del borde se incrementa notablemente el contenido de calcita y aparece brucita.

Muestra B: Dolomía Valcheta: La muestra del interior tiene la misma composición que la muestra patrón mientras que en la del borde desaparece la dolomita. El difractograma permitió identificar únicamente calcita más brucita.

Muestra C: Mármol de Córdoba: El difractograma de la zona interna muestra composición similar a la roca sin tratar. La relación calcita/dolomita se incrementa ligeramente hacia la zona externa.

Estudios Petrográficos:

Se realizaron estudios sobre secciones delgadas de los prismas de hormigón descriptos en el punto anterior, a fin de estudiar las características del hormigón, presencia de fisuras, contactos agregado – mortero, etc.

Muestra A: Los clastos están constituidos por cristales de dolomita (d), con pequeñas cantidades de cuarzo (q) y calcita. Los contactos entre los clastos desarrollan una zona delgada reactiva, atribuida a la dedolomitización (r). No se observa fisuramiento. (Figura 1).

Muestra B: La roca es de grano extremadamente fino (d). En ella se observa escaso cuarzo (q) y clastos líticos (cl). Los clastos se presentan parcialmente fisurados. También se observaron fisuras en los contactos agregado – pasta (f). Son notables los bordes de reacción (r) en los contactos de los clastos dados por el proceso de dedolomitización (Figura 2)

Muestra C: El agregado está constituido por grandes cristales de calcita y dolomita (mármol: m). En los testigos patrón (curados en cámara húmeda) no se observaron bordes de reacción, los contactos en la interfase clasto-mortero son netos. En los prismas curados en NaOH se observa un fenómeno de corrosión en los bordes de los clastos. (Figura 3).

En el cuadro siguiente se resumen los resultados de los diferentes ensayos para las tres muestras estudiadas.

Muestra	Composición Mineralógica	Tamaño de grano	ASTM 526/86	Larbi-Hudec	Petrografía de prismas
A	Calcita (**) Dolomita (*) Cuarzo (*)	100 a 200 μ	Sin cambios	No hay cambios importantes	No hay cambios mineralógicos ni fracturamiento
B	Dolomita (**) Cuarzo, feldespato, vulcanitas (*)	10 a 30 μ	Dedolomitización	Fuerte dedolomitización. Aparece brucita.	Notables cambios mineralógicos periféricos. Dedolomitización. Hay RAS
C	Calcita (**) Dolomita (*) Cuarzo (*)	Grueso 1,5 a 4,5 mm	Sin cambios	No hay cambios importantes	Escasas evidencias de corrosión superficial

(**) abundante

(*) escaso

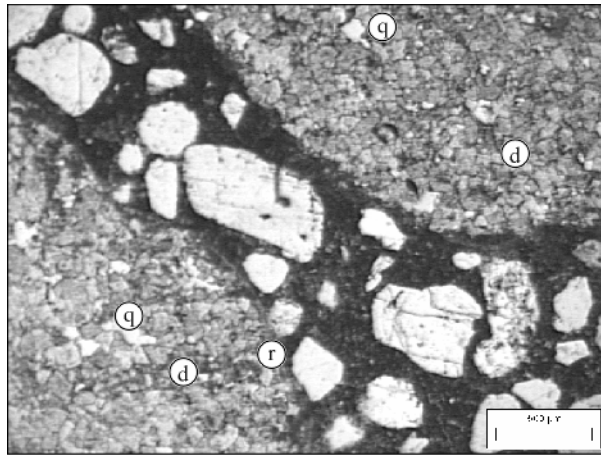


Fig. 1: Caliza Olavarría

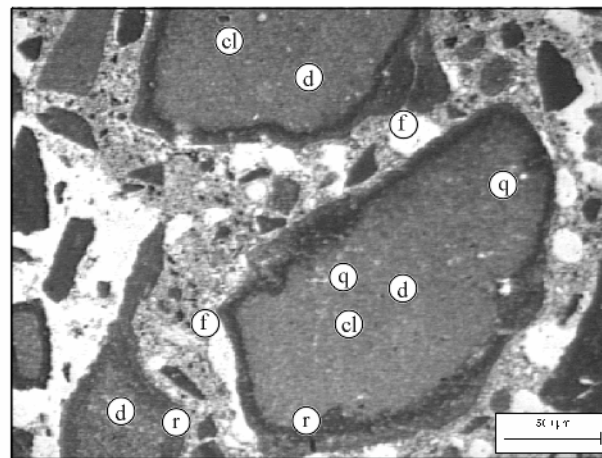


Fig. 2: Dolomía Valcheta

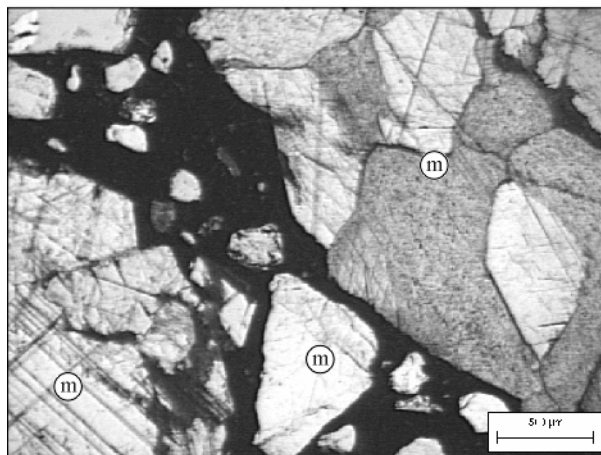


Fig. 3: Mármol de Córdoba

CONCLUSIONES

- En las tres rocas estudiadas se observó que durante el curso de los ensayos físicos (sometidos a ambientes fuertemente alcalinos (NaOH 1N), se ven afectadas por procesos de dedolomitización, con inestabilidad variable.

- DRX permitió identificar calcita y brucita como productos de la reacción de dedolomitización y mostró que ésta se desarrolla con diferentes grados de intensidad, dependiendo de las características petrográficas de las rocas.
- A pesar que este proceso fue evaluado en todas las rocas, las evidencias de RAC se manifestaron únicamente en la dolomía de Valcheta, en la que el fenómeno de dedolomitización se desarrolló en forma total. En las otras dos rocas los cambios mineralógicos fueron muy pequeños. Los signos de RAC son: fisuración, expansión, formación de coronas de reacción y corrosión en los bordes.
- La presencia de arcillas expansivas y cuarzo fino en la dolomía de Valcheta hacen que esta roca desarrolle también expansiones tipo RAS.
- Los análisis por DRX en los cilindros de roca mostraron que la dedolomitización ocurre en forma muy intensa en la muestra de Valcheta mientras que en las calizas de Olavarría y Córdoba no se observaron cambios mineralógicos significativos.
- El estudio por DRX de los prismas de hormigón permitió determinar diferencias entre los sectores del centro y la periferia del prisma. En las tres rocas estudiadas el proceso de dedolomitización se incrementa hacia los sectores periféricos, siendo insignificante en el centro y varía en función de la permeabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la UNS, CONICET y CIC de la Prov. de Bs. As. por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la obtención y compaginación de las fotomicrografías.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ASTM C-227, 1987. Mortar Bar Test. Annual Book of ASTM. 04.02.
- ASTM C-586, 1991. Annual book of ASTM Standards 04.02.
- BATIC, O. R.; C. CORTELEZZI; P. J. MAIZA; S. A. MARFIL; C. A. MILANESI Y R. PAVLICEVIC, 1991. Reacción deletérea de algunas rocas dolomíticas en hormigones. 10^a Reunión Técnica de la AATH. Olavarría. II, 95-114.
- BISQUE, 1958. Chemical characteristics of some carbonate aggregate as related to durability of concrete. H. R. B. Bulletin. N° 196.
- CSA-A23.2-14A, 1990. Methods of Test for concrete, Canadian Standards Association. Rexdale. Ontario Canadá.
- DOLAR, L. AND MANTUANI, 1968. Expansion of Gull river carbonate rocks in sodium hydroxide. HRB. Part. III. Regional Studies. pp. 178-195.
- HADLEY, D., 1964. Alkali reactivity of dolomitic carbonate rocks. HRB. 45. 1-17.
- KATZ A. AND M. ALAN, 1977. The dolomitization of CO₃Ca. An experimental study at 252-295 °C. Geochimica and Cosmochimica Acta. Vol 41. 297-308.
- MILANESI C. A.; S. A. MARFIL; O. R. BATIC AND P. J. MAIZA, 1996. The alkali-carbonate reaction and its reaction products. An experience with Argentinean dolomite rocks. Cement and Concrete Research. USA Vol. 26 N° 16. pp 1579-1591.
- SWENSON E.G. AND J. E. GILLOT, 1960. Characteristics of Kingston carbonate rock reaction. HRB. Bulletin. N° 275. pp. 18-31.